

Pengaruh Rizobakteria Pemacu Tumbuh dan Toleran Kekeringan serta Kelimpahan dan Aktivitas Mikroba Tanah terhadap Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

*Influence of Rhizobacteria Growth Promoter and Drought Tolerant with abundance and activity of soil microbe on Maize (*Zea mays* L.)*

Hari KAPLI¹⁾, Aris Tri WAHYUDI²⁾, Edi HUSEN³⁾

¹⁾Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Biologi Universitas Jambi

²⁾Departemen Biologi FMIPA IPB

³⁾Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian Bogor

E-mail: harikapli9@gmail.com

Abstract. Agricultural land in Indonesia was largely dominated by untapped potential land, almost of that potential land is dry land. Maize (*Zea mays* L.) is one of the staple crops that are known could be cultivated on dry land. Rhizosphere has been known to contain microorganisms that can improve the plant growth. In the previously study, we have screened *in vitro* of rhizobacteria (6 isolates of *Pseudomonas* sp CRB and 7 isolates of *Bacillus* sp CR) as growth promoter of maize and drought tolerant. A total of 6 rhizobacterial formula were further applied *in vivo* in greenhouse to promote the growth of maize. In planta test on maize showed that formula CRB 19 and F3 (CR 83 + CRB 10) were the best formula that could enhance plant growth parameters under drought stress conditions. After that abundance and activities of microbe were analyzed by enumeration of total fungus, bacteria and actinomycetes, dehydrogease test, soil respiration test dan C-microbe test and those tests showed that formula CRB 19 and F3 (CR 83 + CRB 10) were the best formula. These formula could be recommended as inoculants of maize planted in dry land agriculture.

Keywords : drought tolerant, formulation, growth promoter, Maize, Rhizobacteria

Abstrak. Lahan pertanian di Indonesia sebagian besar didominasi oleh lahan yang belum dimanfaatkan, hampir dari lahan potensial adalah tanah kering. Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pokok yang dikenal dapat dibudidayakan pada lahan kering. Rizosphere telah diketahui mengandung mikroorganisme yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Dalam penelitian sebelumnya, kami telah melakukan skrining *in vitro* rhizobakteria (6 isolat *Pseudomonas* sp CRB dan 7 isolat *Bacillus* sp CR) sebagai pemacu pertumbuhan jagung dan toleran kekeringan. Sebanyak 6 formula rhizobakteri yang selanjutnya diaplikasikan secara *in vivo* di rumah kaca sebagai pemacu pertumbuhan jagung. Hasil uji *in planta* pada jagung menunjukkan bahwa formula CRB 19 dan F3 (CR 83 + CRB 10) adalah formula terbaik yang mampu meningkatkan parameter pertumbuhan tanaman dalam kondisi stres kekeringan. Setelah itu kelimpahan dan kegiatan mikroba dianalisis dengan penghitungan total jamur, bakteri dan actinomycetes, uji dehidrogease, uji respirasi tanah dan uji C-mikroba yang menunjukkan bahwa formula CRB 19 dan F3 (CR 83 + CRB 10) adalah yang formula terbaik. Formula ini dapat direkomendasikan sebagai inokulan pada tanaman jagung yang ditanam di lahan kering.

Kata kunci: toleran kekeringan, formulasi, pemacu pertumbuhan, Jagung, Rhizobakteria

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki daratan seluas 188,20 juta ha, yang terdiri atas 144 juta ha lahan kering dan 44,20 juta ha lahan basah. Lahan yang sesuai untuk pertanian seluas 94,07 juta ha dari total luas daratan, yang berada pada kawasan rawa seluas 7,88 juta ha dan kawasan non-rawa seluas 86,19 juta ha (Mulyani *et al.* 2011). Kawasan non rawa sebagian besar didominasi oleh lahan kering yang bisa dimanfaatkan potensinya sebagai lahan pertanian. Salah satu tanaman yang tumbuh di lahan kering adalah jagung. Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman komoditas pangan pokok dan tanaman paling penting kedua setelah padi dalam hal persentase luas total daerah yang ditempati untuk semua tanaman pangan di Indonesia (Swastika *et al.*, 2004). Meskipun memiliki potensi sebagai lahan pertanian namun lahan kering memiliki beberapa kekurangan diantaranya unsur hara sedikit, pH yang masam, erosi yang tinggi, dan daya tahan air rendah (Sopandie dan Utomo, 1995). Kekurangan dari lahan kering ini dapat diatasi dan dioptimalkan dengan memanfaatkan rizobakteria.

Rizobakteria adalah kelompok bakteri heterogen pada permukaan akar (rizosfer) yang dikenal sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) karena memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman melalui kemampuan menghasilkan hormon IAA (*Indole Acetic Acid*), menghasilkan eksopolisakarida sebagai bentuk adaptasi dari cekaman kekeringan, melarutkan fosfat tanah, menghasilkan ACC-deaminase (*Amino Cyclopropane Carboxylate Deaminase*) dan sebagai agen biokontrol fungi patogen (Dey *et al.*, 2004; Kaci *et al.*, 2005; Husen *et al.*, 2011).

Bakteri PGPR bisa diidentifikasi melalui jumlah dan aktivitasnya. Jumlah bakteri PGPR adalah total komponen mikrobiologis tanah dengan penghitungan jumlah mikroba tanah (Jenkinson *et al.* 2004). Sedangkan aktivitas mikroba tanah dapat dimonitor dari laju respirasi tanah, aktivitas eksoenzim dan total biomasa C mikroba tanah. Laju respirasi tanah dan aktivitas eksoenzim tanah merupakan salah satu pengukuran aktivitas biologi tanah yang mencerminkan produksi CO₂ (Kaur *et al.*, 2006).

Enzim tanah berperan penting dalam proses dekomposisi material organik, stabilisasi struktur tanah, siklus biogeokimia dan salah satu enzim yang dihasilkan oleh bakteri adalah enzim dehidrogenase. Enzim dehidrogenase adalah salah satu enzim penting karena aktivitas enzim dehidrogenase terjadi intraseluler di semua sel mikroba hidup dan terkait erat dengan proses oksidoreduksi mikroba serta dalam oksidasi biologis bahan organik tanah dengan mentransfer hidrogen dari substrat organik untuk akseptor anorganik (Zhang *et al.*, 2010).

Hasil penelitian sebelum ini telah berhasil ditapis rizobakteria pemacu tumbuh toleran kekeringan yaitu 7 isolat *Bacillus* dan 6 isolat *Pseudomonas* (Putrie 2013). Selanjutnya pada penelitian ini dilakukan formulasi dan uji secara *in vivo* bakteri tersebut pada skala rumah kaca dengan tujuan untuk mengetahui kemampuannya sebagai inokulan pemacu tumbuh tanaman jagung pada cekaman kekeringan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium Mikrobiologi FMIPA IPB, BBSDLP (Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian) Bogor dan rumah kaca Cikabayan Faperta IPB pada bulan April sampai September 2013. Penelitian sebelumnya telah berhasil mengidentifikasi molekul berdasarkan sekuen gen 16S rRNA isolat bakteri yang digunakan untuk uji formulasi *in planta* yaitu *Bacillus* (CR) CR90, CR67, CR83, CR46 dan *Pseudomonas* (CRB) CRB19, CRB98, CRB10, CRB23 (Putrie, 2013). Rizobakteria ini juga menghasilkan eksopolisakarida, IAA, pelarut posfat, toleran kekeringan dan siderofor.

Formulasi rizobakteria pemacu tumbuh toleran kekeringan

Formulasi rizobakteria menggunakan bahan pembawa gambut dihaluskan dan diayak menggunakan saringan 42 mesh (0,354 mm) dan dikeringkan hingga mencapai kelembaban $\pm 30\%$. Bahan pembawa terdiri dari campuran gambut 85%, fosfat alam 10% dan kapur pertanian 5%. Sebanyak 50 g campuran gambut tersebut dikemas ke dalam plastik tahan panas untuk disterilisasi pada suhu

121°C selama 1 jam dengan tekanan 1 atm. Formulasi dimulai dengan Isolat *Bacillus* CR dan *Pseudomonas* CRB masing-masing diperbanyak dengan diinokulasikan ke dalam medium cair Nutrient Broth (8 gL^{-1}) dan King's B kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang dan dikocok dengan shaker pada kecepatan 125 rpm. Kultur selanjutnya ditumbuhkan kembali ke dalam 100 mL

medium produksi susu skim ditambahkan molase lalu diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang dan dikocok dengan menggunakan shaker pada kecepatan 125 rpm. Sebanyak 15 mL suspensi inokulan *Bacillus* CR dan *Pseudomonas* CRB diinokulasikan ke dalam 50 g gambut dengan kepadatan sel sekitar 10^9 sel gr^{-1} bahan pembawa.

Tabel 1. Karakteristik isolat bakteri yang digunakan dalam penelitian.

Isolat Bakteri	Toleran kekeringan (0 MPa)	EPS (^{-1}MPa)	IAA (ppm)	Pelarut Fosfat	Siderofor
<i>Bacillus</i> CR 46	1,056 ^p	0,092 ^p	11,13 ^t	0,280 ^w	++ ^t
<i>Bacillus</i> CR 67	0,950 ^p	0,095 ^p	0,810 ^t	0,214 ^w	+ ^t
<i>Bacillus</i> CR 83	1,073 ^p	0,092 ^p	2,500 ^t	0,180 ^w	++ ^t
<i>Bacillus</i> CR 90	1,063 ^p	0,096 ^p	22,79 ^t	0,365 ^w	+ ^t
<i>Pseudomonas</i> CRB 10	1,084 ^p	0,091 ^p	7,635 ^w	0,670 ^w	+++ ^r
<i>Pseudomonas</i> CRB 19	1,789 ^p	0,197 ^p	3,367 ^w	0,867 ^w	+++ ^r
<i>Pseudomonas</i> CRB 23	1,719 ^p	0,072 ^p	13,17 ^w	0,460 ^w	- ^r
<i>Pseudomonas</i> CRB 98	1,713 ^p	0,080 ^p	18,07 ^w	0,450 ^w	- ^r

Keterangan: (+++) penghasil siderofor tinggi, (++) penghasil siderofor sedang, (+) penghasil siderofor rendah, (-) tidak dapat menghasilkan siderofor. Sumber referensi p adalah Putrie 2013, t adalah Widyawati 2008, r adalah Astuti 2008, w adalah Wahyudi *et al.* 2011

Tabel 2. Formula yang akan digunakan pada uji *in vivo*

Formula	Isolat
F1	CR 90+CRB19
F2	CR 67+CRB 98
F3	CR 83+CRB 10
F4	CR 46+CRB 23
F5	CRB19
F6	CR 90

Uji efektivitas formula rizobakteria pada tanaman jagung

Penelitian disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor. Faktorpertama adalah kadar air yang terdiri atas dua taraf, yaitu pada kadar air kapasitas lapang dan di bawah kapasitas lapang. Kadar air kapasitas lapang adalah kondisi dimana 100% ruang pori terisi oleh air (RPTA) dan kadar air dibawah kapasitas lapang 63,2% RPTA. Faktor kedua adalah formulakombinasi bakteri *Pseudomonas* (CRB) dan *Bacillus* (CR) yang terdiri dari enam taraf (formula) dan satu kontrol, yaitu F1, F2, F3, F4, F5, F6 dan Kontrol (Putrie2013).

Benih jagung yang adalah benih jagung manis Laksmi SDS IPB. Setiap *polybag* ditanam satu biji jagung. Penanaman jagung dilakukan di rumah kaca dengan menggunakan 3 kg tanah vertisol yang ditempatkan dalam *polybag*. Uji pemacuan pertumbuhan oleh bakteri inokulan dilakukan selama fase vegetatif. Setelah itu, tanaman jagung dipanen dan diukur pertumbuhan vegetatifnya sampai umur 45 hari. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, berat basah tajuk, berat kering tajuk, berat basah akar dan berat kering akar. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan *analysis of variance* (ANOVA) menggunakan *software* SAS 9.1 dan dilanjutkan dengan uji *Duncan* (DMRT) pada taraf 5%.

Analisis kelimpahan dan aktivitas mikroba

Sampel tanah yang digunakan dalam uji *in planta* kemudian dihitung untuk penghitungan total kelimpahan grup mikroba. Kelimpahan grup mikroba adalah jumlah aktinomisetes, bakteri dan cendawan serta dihitung berdasarkan satuan bentukan koloni (cfu) 10 gram tanah ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 95 ml 0,85% larutan NaCl dan satu tetes *tween* 80 steril. Larutan tanah ini

merupakan pengenceran 10^{-1} . Setelah dikocok, 1ml larutan tanah dipindahkan ke tabung reaksi yang berisi 9ml larutan NaCl steril dan diberi label 10^{-2} . Pengenceran dilakukan sampai 10^{-7} . Penyebaran (plating) mikroba dimulai dengan dipipet 0,1 ml larutan tanah pada pengenceran serial 10^{-4} - 10^{-7} (bakteri), 10^{-3} - 10^{-6} (aktinomisetes), 10^{-2} - 10^{-5} (cendawan) kemudian disebar ke masing-masing media. (Hastuti & Ginting, 2007). Perhitungan koloni yang tumbuh pada setiap media menggunakan rumus:

$$\text{Total population (CFU)/g tanah kering} = \frac{(\text{Jumlah koloni}) \times (\text{FP})}{\text{BK tanah}}$$

Keterangan:

FP = Faktor pengenceran pada cawan petri yang koloninya dihitung

BK = Berat kering contoh tanah (g) = berat basah x (1 – kadar air)

Estimasi C-Mikroba

Estimasi C-Mikroba menggunakan metode ekstraksi fumigasi (Voroney *et al.* 1993). Sebanyak 30 g per sampel tanah di gelas beker dan ditambahkan 50 ml etanol bebas kloroform, *boillingchip* dan kertas tisu lembab, kemudian ditunggu sampai kloroform mendidih, sekitar 15 menit, lalu desikator ditutup dengan plastik hitam selama 24 jam. Sampel tanah tanpa perlakuan fumigasi digunakan sebagai kontrol. Setelah 24 jam

desikator tersebut dibuka, sampel siap untuk ekstraksi. Ekstraksi dimulai dengan 30 gram per sampel tanah difumigasi dan tidak difumigasi (kontrol) dipindahkan dari gelas beaker ke erlenmeyer plastik lalu ditambahkan 60 ml 0,5 MK_2SO_4 , dikocok 1 jam, disaring ekstrak menggunakan kertas *whatman* 5. Ekstrak kemudian diukur absorbansi larutan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 561 nm. Hasil yang didapat kemudian dibandingkan dengan kurva standar. Hasil dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Kadar C-Organik (mg kg}^{-1} \text{ tanah)} &= \text{PPM kurva} \times \text{ml ekstrak} \times 1.000 \text{ ml}^{-1} \times 100 \text{ mg contoh}^{-1} \times \text{FK} \\ &= \text{PPM kurva} \times 0,25 \times 100 \times 2500^{-1} \times \text{FK} \\ &= \text{PPM kurva} \times 0,1 \times \text{FK} \end{aligned}$$

Keterangan:

PPM kurva = Kadar contoh dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko

FK = Faktor koreksi kadar air tanah

$$\text{C-Biomassa (}\mu\text{g g}^{-1} \text{ soil)} = \frac{S - C}{0,35}$$

Keterangan:

S = Nilai rata-rata kadar C-organik contoh (dengan kloroform)

C = Nilai rata-rata kadar C-organik kontrol (tanpa kloroform)

0,35 = Faktor kEC (konversi aliran C ke C-mikroba)

Estimasi respirasi tanah

Respirasi tanah diukur dengan penyerapan alkali menggunakan metode Alef (1995) dan Husenet *al.* (2014). Metode ini didasarkan pada pengukuran CO_2 di dalam tanah pada periode

tertentu. Larutan NaOH sebagai penangkap CO_2 dan dititrasi dengan HCl. Jumlah yang dibutuhkan untuk titrasi HCl setara dengan jumlah CO_2 yang dipancarkan. Setiap sampel tanah ditempatkan pada pipa dan 25 mL larutan NaOH dalam gelas beker 50 ML

dimasukkan ke dalam stoples 2,7 L lalu ditutup rapat kedap udara (13 cm, 13 cm lebar, 16 cm). Stoples dibuat dengan sampel dan tanpa sampel untuk kontrol dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu kamar. Setelah inkubasi, stoples dibuka dan larutan NaOH dititrasi dengan HCl 0,01 M menggunakan perangkat titrasi. Selama

titrasi, stoples dibuka untuk mengisi O₂. Setelah titrasi larutan NaOH diganti dengan larutan NaOH baru dan diinkubasi lagi untuk periode 24 jam selanjutnya. Pengukuran dilakukan 10 kali (10 periode inkubasi). Hasil dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{CO}_2\text{-C } (\mu\text{g g}^{-1} \text{ h}^{-1}) = [(V_0 - V) \times 1,1] / \text{dwt}$$

Keterangan:

- V₀ = Volume HCL yang digunakan untuk titrasi blanko/kontrol (ml)
 V = Volume HCL yang digunakan untuk titrasi sampel (ml)
 Dwt = Berat kering oven 1 gr sample (setelah pengeringan pada 105 °C selama 24 jam)
 1,1 = Faktor konversi (1 mL 0,05 M NaOH sama dengan 1,1 mg CO₂)

Aktivitas Dehidrogenase

Aktivitas dehidrogenase diukur dengan menggunakan metode Casida (1964) dan Ohliger (1995) berdasarkan estimasi pengurangan tingkat Triphenyltetrazolium chloride (TTC) untuk triphenylformazan (TPF) di tanah setelah inkubasi pada 37°C selama 24 jam. Semua pengukuran dilakukan dalam rangkap dengan satu kosong dua botol kaca disiapkan, botol pertama untuk 5 gram sampel tanah (perlakuan) dan botol kedua tanpa sampel tanah (kontrol) lalu ditambahkan 2 ml TTC (Triphenyltetrazolium chloride) dan 2 ml Trisbuffer untuk perlakuan, kemudian 4 ml buffer Tris ditambahkan (tidak ada TTC) untuk kontrol, dicampur isinya secara menyeluruh dan diinkubasi selama 24 jam pada 37°C. Setelah inkubasi, 20 ml metanol ditambahkan ke setiap botol, dan botol dikocok selama 2 jam dalam gelap dengan shaker linear (125 rpm). Suspensi tanah kemudian disaring pada kertas filter *Whatman* 5 lalu dibasahi dengan metanol. Filtrat disimpan ke dalam labu volumetrik 25 ml, dan diencerkan dengan metanol hingga 25 ml. Kepadatan optik dari filtrat diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 485 nm. Hasil yang didapat kemudian dibandingkan dengan kurva standar. Hasil dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{TPF } (\mu\text{g}) / \text{BK (g)} = \frac{\text{TPF (mg)} / \text{ml} \times 45}{\text{BK} \times 5}$$

Keterangan:

- BK = Berat kering 1 g tanah lembap
 5 = Berat tanah yang digunakan (g)
 45 = Volume larutan yang ditambahkan ke dalam contoh tanah (ml)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas inokulan pada tanaman jagung

Uji *in planta* pada tanaman jagung di rumah kaca menunjukkan bahwa keenam formula yang mengandung genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* ini secara signifikan mampu meningkatkan empat parameter pertumbuhan tanaman jika dibandingkan dengan kontrol, yakni tinggi tanaman, berat basah tajuk, berat kering tajuk dan berat basah akar. Hasil uji juga menunjukkan respon tanaman jagung yang diinokulasi dengan formula rizobakteria dalam kondisi cekaman kekeringan pada kadar air yang berbeda memberikan hasil yang tidak sama. Pada percobaan ini tidak ada interaksi antara kadar air dengan formula yang digunakan. Hasil uji efektivitas inokulan terhadap pertumbuhan tanaman jagung menunjukkan bahwa formulasi F3 dan F5 adalah dua formula terbaik yang dapat meningkatkan parameter tinggi tanaman, berat basah tajuk tanaman, berat kering tajuk tanaman dan berat basah akar tanaman. Namun, pada parameter berat kering akar semua formula tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan, akan tetapi pemberian formula diketahui dapat meningkatkan berat kering akar yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol, kecuali formula F2.

Pada parameter tinggi tanaman menunjukkan semua perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan dengan hasil terbaik pada perlakuan F3 dan F5 yang masing-masing memiliki rata-rata 98,3 cm dan 97,5 cm, begitu juga dengan parameter berat basah tajuk juga menunjukkan perlakuan F3 dan F5 adalah perlakuan terbaik dengan rata-rata masing-masing 33,3 g dan 32,1 g. Kemudian pada

parameter berat kering tajuk rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan F3 dengan rata-rata 3,5 g sedangkan berat basah akar hasil terbaik ditunjukkan oleh perlakuan F1, F4 dan F5 dengan rata-rata masing-masing 5,8 g, 5,4 g dan 5,2 g tetapi pada parameter berat kering akar tidak menunjukkan pengaruh nyata dengan rata-rata nilai tertinggi pada perlakuan F3 sebesar 0,51 g.

Tabel 3. Pengaruh perlakuan formula terhadap tinggi, berat basah tajuk, berat kering tajuk, berat basah akar dan berat kering akar tanaman jagung yang ditanam dengan kadar air pada kapasitas lapang (KL) dan dibawah kapasitas lapang (BKL)

Perlakuan	Hasil rata-rata tinggi tanaman (cm) ^p							Rataan ^q
	K	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
KL	77.2	110.0	108.6	116.3	111.1	110.2	101.6	105.0 y
BKL	72.2	83.8	83.6	80.2	78.4	84.8	77.6	80.1 x
Rataan ^q	74.7 b	96.9 a	96.1 a	98.3 a	94.8 a	97.5 a	89.6 a	
Perlakuan	Hasil rata-rata berat basah tajuk tanaman (g) ^p							Rataan ^q
	K	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
KL	19.8	47.0	44.0	47.8	44.8	44.4	32.4	40.0 y
BKL	13.2	18.6	18.2	18.8	16.8	19.8	16.0	17.3 x
Rataan ^q	16.5 c	32.8 a	31.1 a	33.3 a	30.8 a	32.1 a	24.2 b	
Perlakuan	Hasil rata-rata berat kering tajuk tanaman (g) ^p							Rataan ^q
	K	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
KL	2.45	4.22	3.99	4.60	4.27	4.08	3.23	3.83 x
BKL	1.67	2.31	2.36	2.33	2.16	2.09	2.54	2.21 y
Rataan ^q	2.1b	3.3 a	3.2 a	3.5 a	3.2 a	3.1 a	2.9 a	
Perlakuan	Hasil rata-rata berat basah akar tanaman (g) ^p							Rataan ^q
	K	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
KL	3.0	7.6	5.2	6.6	7.2	7.6	6.4	6.2 x
BKL	2.8	4.0	3.4	3.0	3.6	2.8	3.4	3.3 y
Rataan ^q	2.9 c	5.8 a	4.3 b	4.8 ab	5.4 ab	5.2 ab	4.9 ab	
Perlakuan	Hasil rata-rata berat kering akar tanaman (g) ^p							Rataan ^q
	K	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
KL	0.47	0.63	0.43	0.71	0.63	0.69	0.62	0.60 x
BKL	0.32	0.38	0.34	0.30	0.34	0.26	0.32	0.32 y
Rataan ^q	0.40 a	0.51 a	0.39 a	0.51 a	0.49 a	0.48 a	0.47 a	

Keterangan: ^pRataan dari 5 ulangan. ^qRataan yang diikuti huruf yang sama dalam satu baris atau lajur tidak berbeda nyata pada taraf 5%. Nilai parameter yang dicetak tebal mengindikasikan nilai parameter yang berbeda nyata dengan kontrol. Formula F1 adalah (*Bacillus* CR 90 dan *Pseudomonas* CRB 19), F2 (*Bacillus* CR 67 dan *Pseudomonas* CRB 98), F3 (*Bacillus* CR 83 dan *Pseudomonas* CRB 10), F4 (*Bacillus* CR 46 dan *Pseudomonas* CRB 23), F5 (*Pseudomonas* CRB 19), F6 (*Bacillus* CR 90) dan K (kontrol).

Pada percobaan ini tidak terjadi interaksi antara formula dan kadar air. Hal ini menunjukkan bahwa pada pertumbuhan tanaman jagung, kadar air tidak mempengaruhi produktivitas tanaman tersebut. Kemampuan

utama inokulan bakteri dalam meningkatkan parameter tanaman kemungkinan disebabkan karena kemampuan dari isolat bakteri untuk bertahan pada kondisi cekaman air yang menyebabkan bakteri mampu menghasilkan

eksopolisakarida (EPS) (Putrie 2013). Eksopolisakarida berperan penting dalam membentuk agregat tanah yang stabil. Hal ini karena eksopolisakarida mampu meningkatkan retensi air dan memiliki sifat sebagai agens perakat. Agregat tanah yang stabil akan menciptakan lingkungan fisik yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Lingkungan fisik yang baik ini erat kaitannya dengan aliran nutrisi dan air ke dalam akar tanaman, aerasi dan porositas tanah yang mendukung bagi pertumbuhan tanaman (Santi *et al.* 2008). Hasil penelitian Putrie (2013) menunjukkan hasil uji eksopolisakarida pada formula-formula konsorsium yang memiliki kadar eksopolisakarida lebih tinggi dari formula lain yaitu F1 dan F3 dengan nilai masing-masing 0,096; 0,197; 0,092; 0,091 mg mL⁻¹ mampu memacu pertumbuhan tanaman jagung pada kondisi kering. Begitu juga formula bukan konsorsium yang memiliki nilai eksopolisakarida tertinggi yaitu F5 dengan nilai sebesar 0,197 mg mL⁻¹ yang mampu memacu pertumbuhan tanaman jagung pada parameter tinggi dan berat basah tajuk tanaman dalam kondisi tercekam kering.

Peningkatan parameter berat basah akar dan berat basah tajuk yang dilakukan oleh inokulan *Pseudomonas* sp CRB19 pada formulasi F5 dapat terjadi akibat bakteri mampu menghasilkan eksopolisakarida yang tinggi sehingga mengakibatkan akumulasi eksopolisakarida di rizosfer yang mampu meningkatkan retensi air di sekitar perakaran dan dengan mudah dapat diserap oleh akar (Santi *et al.* 2008). Serapan air dalam jumlah yang besar oleh sel tanaman dapat meningkat laju fotosintesis. Peningkatan laju fotosintesis akan meningkatkan laju pembentukan karbohidrat yang akan meningkatkan pertumbuhan organ tanaman seperti tunas, akar dan daun sehingga akan meningkatkan berat basah tanaman. Nilai EPS yang tinggi berkaitan erat dengan nilai *optical density* (OD) yang telah diuji sebelumnya pada uji toleran kekeringan (Putrie 2013). Menurut Marulanda *et al.* (2009), isolat bakteri mampu bertahan pada tekanan osmotik rendah yang ditunjukkan nilai OD yang tinggi karena mensekresikan eksopolisakarida. Nilai OD tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan F5 berisi bakteri *Pseudomonas* sp. CRB 19. dengan nilai OD sebesar 1,789 pada tekanan osmotik 0 Mpa yang juga menghasilkan nilai eksopolisakarida tertinggi. Hal ini diduga dapat membuat lingkungan di daerah rizosfer menjadi lebih

baik dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung secara *in planta*.

Selain kemampuan menghasilkan EPS isolat bakteri yang digunakan juga mampu menghasilkan *indole acetic acid* (IAA) (Widyawati 2008; Wahyudi 2011). Hormon ini memainkan peranan penting dalam mekanisme ekspansi sel yaitu pada saat inisiasi akar, pembelahan, pemanjangan, dan diferensiasi sel seta sebagai agen atau pembawa sinyal dalam respons tumbuhan (Brandl *et al.* 1996). Formula F6 yaitu *Bacillus* CR 90 memiliki hasil IAA tertinggi yaitu 22,79 ppm, tetapi tidak mampu merangsang pertumbuhan yang baik pada tanaman. Hal ini dikarenakan konsentrasi IAA yang tinggi akan memacu hormon etilen yang dalam konsentrasi tertentu justru menghambat pemanjangan akar (Glick, 1995). Sedangkan Isolat CR 83 (2,500 ppm), CRB 10 (7,635 ppm), CRB 19 (3,367 ppm) yang merupakan formula F3 dan F5 merupakan Isolat-isolat penghasil IAA dengan kisaran konsentrasi IAA rendah dan terbukti nyata meningkatkan pemanjangan batang kecambah kedelai.

Kemudian Isolat bakteri yang digunakan juga mampu menghasilkan siderofor dimana hasil tertinggi diunjukkan oleh isolat *Pseudomonas* sp. CRB 19 dan *Bacillus* CR 10 pada formula F4 dan F3. Menurut Compant *et al.* (2005) siderofor pada berbagai bakteri memiliki kemampuan yang berbeda dalam mengkelat besi, namun pada umumnya digunakan untuk menekan cendawan patogenik yang menguntungkan bagi kesehatan tanaman. Nilai pelarut fosfat tertinggi ditunjukkan oleh isolat bakteri *Pseudomonas* sp. CRB 19 dan *Bacillus* CR 10 pada formula F4 dan F3 yang mampu melarutkan fosfat sehingga mampu digunakan oleh tanaman karena Galal *et al.* (2001) dan Egamberdiyeva *et al.* (2006) fosfor (P) merupakan makronutrisi esensial yang diperlukan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Mikro dan makro nutrisi di dalam tanah mengalami kesetimbangan kelarutan yang dinamik, dipengaruhi oleh pH dan mikroflora. Kondisi ini berpengaruh terhadap tanaman dalam menyerap nutrisi tersebut.

Hasil identifikasi sebelumnya menunjukkan bahwa formula inokulan CRB 19 mengandung bakteri *Pseudomonas aeruginosa* strain B2 dan formula F3 yang mengandung inokulan campuran *Bacillus cereus* ATCC 14579

dengan *Pseudomonas aeruginosa* strain L1 (Putrie, 2013) terbukti pada skala rumah kaca mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung dengan kadar air pada kondisi kapasitas lapang dan dibawah kapasitas lapang. Husen (2003) menyatakan bahwa *Bacillus cereus* UW 85 memiliki kemampuan sebagai PGPR yang diketahui melalui uji *in vitro* dapat menghasilkan hormon IAA dan siderofor, serta melarutkan fosfat.

Total kelimpahan mikroba

Hasil perhitungan total kelimpahan mikroba yang ditunjukkan pada Tabel 4 terlihat jumlah kelimpahan bakteri merupakan kelimpahan mikroba paling banyak dibandingkan lainnya. Hal ini juga dijelaskan Yuniarti dan Saraswati (2008) bahwa bakteri merupakan kelompok mikroba tanah yang paling melimpah dan jumlahnya mencapai 100 juta (10⁸) individu per gram tanah.

Tabel 4.Total Kelimpahan Mikroba (log CFU/g tanah)

Perlakuan	Bakteri	Aktinomiset	Cendawan
F1	6,4159b	5,8330abc	3,9869ab
F2	6,3846b	5,3007ab	4,4513bc
F3	7,5890c	6,9920c	3,4616ab
F4	6,2109ab	5,6130abc	2,6820a
F5	6,4767b	5,7070abc	3,1424a
F6	7,9581c	6,8100bc	3,4697ab
Kontrol	5,3103a	5,0990a	5,6754c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada lajur yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji Duncan ($\alpha = 0.05$). Nilai parameter yang dicetak tebal mengindikasikan nilai parameter yang berbeda nyata dengan kontrol. Formula F1 adalah (*Bacillus* CR 90 dan *Pseudomonas* CRB 19), F2 (*Bacillus* CR 67 dan *Pseudomonas* CRB 98), F3 (*Bacillus* CR 83 dan *Pseudomonas* CRB 10), F4 (*Bacillus* CR 46 dan *Pseudomonas* CRB 23), F5 (*Pseudomonas* CRB 19), F6 (*Bacillus* CR 90) dan kontrol

Kemudian dari perhitungan total kelimpahan pada bakteri dan aktinomisetes diketahui bahwa semua perlakuan menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan kontrol hal ini karena pada perlakuan yaitu formulasi bakteri diinokulasikan bakteri baik *Bacillus* atau *Pseudomonas* yang mampu tumbuh dan berkembang baik secara jumlah dan aktivitas pasca mengkolonisasi perakaran tanaman jagung, sedangkan untuk kontrol tidak dinokulasikan bakteri sehingga hanya terdapat mikroba pribumi (*native*) seperti yang dijelaskan oleh Kloepper dan Schroth (1978) bahwa rizobakteria merupakan mikroba kompetitor yang paling efisien yang mampu menggeser kedudukan mikroba pribumi (*native*) di lingkungan rizosfer sampai pada masa pertengahan umur tanaman.

Pada perhitungan total kelimpahan bakteri dan aktinomisetes didapatkan jumlah kelimpahan tertinggi pada perlakuan formulasi F6 yaitu *Bacillus* (CR 90) dengan total bakteri mencapai 7.9×10^6 berdasarkan uji lanjut didapat

perbedaan nyata terhadap perlakuan lain dan kontrol, salah satu penyebabnya karena berdasarkan penelitian Putrie (2013) bahwa formulasi F6 adalah *Bacillus* CR90 memiliki jumlah Eksopolisakarida (EPS) yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang lain sehingga mampu bertahan pada kondisi cekaman sehingga berpengaruh pada jumlah kelimpahan mikroba. Formulasi F6 memiliki nilai EPS 0,104; 0,107; 0,096 (mg mL⁻¹) (Putrie 2013). Ozturk dan Aslim (2010) menyatakan bahwa EPS diproduksi untuk melindungi sel bakteri dari kekeringan, logam berat atau tekanan lingkungan lainnya, termasuk respon terhadap *host immune* dan untuk menghasilkan biofilm sehingga dapat meningkatkan ketahanan sel padarelung ekologi khusus. Hal ini sesuai dengan hasil yang didapatkan dari pertumbuhan jagung pada uji *in planta* yang tertinggi yaitu pada perlakuan F3 yang diduga salah satu penyebabnya karena terdapat jumlah kelimpahan bakteri dan aktinomiset tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya dan kontrol.

Jumlah total cendawan terbanyak terdapat pada kontrol sekitar 5.7×10^{-4} yang berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya, hal ini bisa terjadi karena *Bacillus* spp. dan *Pseudomonas* sp yang terdapat pada formulasi perlakuan diketahui memiliki aktivitas antifungi tinggi yang berperan dalam menekan beberapa cendawan yang bersifat patogen, seperti *Rhizoctonia*, *Fusarium* dan *Aspergillus* (Zhang *et al.* 2010), sehingga menyebabkan jumlah cendawan yang terdapat pada perlakuan inokulasi bakteri jumlahnya jauh lebih sedikit yaitu sekitar $3-4 \times 10^{-4}$ dibandingkan kontrol.

Pengaruh formula rizobakteria terhadap aktivitas mikroba

Aktivitas mikroba dianalisis berdasarkan uji C-mikroba, respirasi tanah dan dehidrogenase. Tabel 5. menunjukkan hasil uji C-mikroba pada perlakuan F1, F2, F3, F4, F5 dan F6 lebih tinggi dari kontrol, begitu juga uji respirasi tanah dan dehidrogenase. Sedangkan Tabel 6. menunjukkan kelimpahan dan aktivitas mikroba diuji hubungannya dengan uji korelasi. Nilai korelasi yang menunjukkan hasil mendekati 1 artinya hubungan antar perlakuan yang diuji semakin dekat.

Tabel 5. Aktivitas dan mikroba

Perlakuan	C-mikroba (mg C CO ₂ /g)	Respirasi (mgCO ₂ -C/g/jam)	Dehidrogenase (μgTPF/g)
F1	1,2187ab	3,8010b	7,4750ab
F2	1,2323ab	3,8267b	7,1427a
F3	3,2867c	4,3620c	11,024c
F4	1,9810abc	3,7713b	7,3887ab
F5	2,1750bc	3,9277b	10,066c
F6	2,3600bc	4,2133c	9,2417bc
Kontrol	0,8727a	2,9333a	6,3233a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada lajur yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji Duncan ($\alpha = 0,05$). Nilai parameter yang dicetak tebal mengindikasikan nilai parameter yang berbeda nyata dengan kontrol. Formula F1 adalah (*Bacillus* CR 90 dan *Pseudomonas* CRB 19), F2 (*Bacillus* CR 67 dan *Pseudomonas* CRB 98), F3 (*Bacillus* CR 83 dan *Pseudomonas* CRB 10), F4 (*Bacillus* CR 46 dan *Pseudomonas* CRB 23), F5 (*Pseudomonas* CRB 19), F6 (*Bacillus* CR 90) dan kontrol

Tabel 6. Hasil uji korelasi kelimpahan dan aktivitas mikroba

Perlakuan	Bakteri	Aktinomiset	Cendawan	C-mik	Respirasi Tanah	Dehidrogenase
Bakteri	1					
Aktinomisetes	0.940**	1				
Cendawan	-0.544	-0.496	1			
C-mikroba	0.836**	0.846**	-0.793*	1		
Respirasi Tanah	0.914**	0.833*	-0.737*	0.924**	1	
Dehidrogenase	0.762*	0.805*	-0.584	0.902**	0.807*	1

Keterangan :

** Korelasi signifikan pada level 0.01

* Korelasi signifikan pada level 0.05

C-Mikroba

Kadar C-mikroba tertinggi terdapat pada perlakuan formulasi F3 yaitu 3,287 (mg C-CO₂/g) yang mengindikasikan aktivitas mikroba semakin tinggi. Hal ini karena C-mikroba merupakan representatif dari biomassa mikroba tanah yang merupakan komponen hidup penyusun bahan organik tanah dan umumnya terdiri dari 1-5% kandungan total bahan organik (Hu & Cao, 2007) yang terdiri atas makhluk hidup berukuran $\leq 5 - 10 \mu\text{m}^3$ (Alef & Nannipieri, 1995) sehingga secara langsung berkorelasi signifikan dengan kelimpahan atau biomassa dari total kelimpahan mikroba seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 6 bahwa nilai korelasi antara kelimpahan total kelimpahan bakteri dan aktivitas c-mikroba mendekati 1 yaitu 0,836. Biomassa mikroba tinggi pada formulasi F3 maka semakin banyak kadar C-Organik (mg C-CO₂/g sampel tanah kering) dan semakin besar kemungkinan aktivitas yang dilakukan oleh mikroba pada formulasi F3 tersebut karena biomassa mikroba berperan penting dalam penyimpanan nutrisi dan energi (Parkinson & Paul, 1982), salah satu pembentuk struktur dan stabilitas tanah, penanda ekologis, dan tempat berkumpulnya (*pool*) hara sebagai cadangan nutrisi (Alef & Nannipieri, 1995). Oleh karena itu terlihat dari hasil pada peningkatan parameter berat basah tajuk dan berat kering tajuk tanaman yang terbaik jika dibandingkan dengan formula yang lain.

Respirasi Mikroba

Perlakuan formulasi F3 dihasilkan rata-rata respirasi mikroba sebesar 4,350 mg CO₂/m²/jam yang menunjukkan hasil tertinggi dibandingkan perlakuan yang lain, hal ini sesuai dengan hasil parameter berat basah tajuk, berat kering tajuk tanaman dan tinggi tanaman yang menjadi indikator juga menunjukkan hasil tertinggi pada perlakuan formulasi F3. Hal ini dikarenakan pada formulasi F3 memiliki aktivitas mikroba paling tinggi dari perlakuan lainnya yang ditunjukkan oleh nilai rata-rata respirasi mikroba, Respirasi tanah merupakan salah satu indikator aktivitas mikroba di dalam tanah. Mailani (2006) menjelaskan respirasi tanah terjadi karena adanya proses degradasi bahan-bahan organik yang ada di dalam tanah yang menandakan adanya aktivitas mikrob tanah total yang

berperan dalam proses biologi. Aktivitas mikroba mempengaruhi kuantitas dan kualitas ketersediaan material organik tanah maka peningkatan biomassa mikroba dapat meningkatkan laju siklus nutrient, jumlah nutrien di tanah (Aoyama & Nagumo, 1995). Pada formulasi F3 menunjukkan adanya hubungan dengan hasil uji lainnya yaitu perhitungan total kelimpahan mikroba sehingga secara langsung berkorelasi signifikan seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 6 bahwa nilai korelasi antara kelimpahan total kelimpahan bakteri dan respirasi tanah mendekati 1 yaitu 0,914.

Aktivitas Dehidrogenase

Formula F3 menghasilkan rata-rata jumlah enzim tertinggi yang dihasilkan yaitu 11,024 $\mu\text{g TPF/g}$. Enzim dehidrogenase merupakan enzim dasar dalam mikroba tanah yang terlibat dalam proses respirasi, siklus asam sitrat dan metabolisme nitrogen (N). Enzim dehidrogenase termasuk kelompok oksidoreduktase yang mengkatalisis senyawa organik dengan memindahkan dua atom hidrogen (H). Atom hidrogen (H) ikut berperan dalam proses reduksi biosintesis dengan bantuan koenzim tersebut (Subhani *et al.*, 2001) sehingga enzim dehidrogenase ini merupakan salah satu indikator metabolisme oksidatif mikroba yang berlangsung secara intraselular pada sel-sel hidup (*viabel*) dan menjadi bagian integral dari sel-sel utuh dan tidak berakumulasi secara ekstraselular. Formula F3 yang menunjukkan aktivitas tertinggi akan menunjukkan kemampuan mikroba aktif untuk membantu proses pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN

Inokulasi tanaman jagung dengan formula campuran Rizobakteria *Pseudomonas* dan *Bacillus* ditunjukkan oleh formula F3 dan F5 (CRB 19) yang mampu meningkatkan parameter pertumbuhan tanaman jagung di rumah kaca pada seperti tinggi tanaman jagung, berat kering tajuk tanaman jagung, berat basah akar tanaman jagung, berat kering akar tanaman jagung dan berat basah tajuk tanaman jagungkondisi cekaman kekeringan dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alef K. 1995. Estimation of soil respiration. In: Alef K, Nannipieri P, editor. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. London (GB): Academic Press. p 464-467.
- Aoyama M, Nagumo T. 1995. Factors affecting microbial biomass and dehydrogenase activity in apple orchard soils. *Soil Sci Plant*. 42 (4): 821-831.
- Aziz, Z.F.A., H. M.Saud, K.A.Rahim, O. H. Ahmed. 2012. Variable responses on early development of shallot (*Allium ascalonicum*) and mustard (*Brassica juncea*) plants to *Bacillus cereus* inoculation. *Malaysian J Microbiol* 8:47-50.
- Bashan Y, De-Bashan LE. 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth. *Adv Agron*. 108:77-136.
- Casida LE Jr, Klein DA, Santoro T. 1964. *Soil dehydrogenase activity*. Poland (PL): Soil Science. hlm 371-376.
- Dey, K.K.Pal, D. M.Bhatt, S. M.Chauhan. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiol Res* 159:371-394.
- Han HS, Lee KD. 2005. Phosphate and potassium solubilizing bacteria effect on mineral uptake, soil availability and growth of eggplant. *Res. J. Agric and Biol Scie*. 2:176-180.
- Hastuti RD dan Ginting RCB. 2007. *Enumerasi bakteri, cendawan dan aktinomisetes*. Bogor (ID): Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. p 14-17.
- Hu C, Z Cao. 2007. Size and activity of the soil microbial biomass and soil enzyme activity in long-term field experiments. *World Journal of Agricultural Sciences*. 3(1): 63-70.
- Husen E, Salma S, Agus F. 2014. Peat emission control by groundwater management and soil amendments: evidence from laboratory experiments. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 19: 821-829.
- Husen E. 2003. Screening of soil bacteria for plant growth promotion activities in vitro. *Indones J Agric Sci* 4:27-31.
- Husen E, Wahyudi AT, Suwanto A, Giyanto. 2011. Growth enhancement and disease reduction of soybean by 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase-producing *Pseudomonas*. *Am J Appl Sci* 8:1073-1080.
- Jenkinson DS, Philip C, Brookes DS. 2004. Measuring soil microbial biomass. *Soil Biol Biochem*. 36:5-7.
- Kaci Y, Heyraud A, Barakat M, Heulin T. 2005. Isolation and identification of an EP producing *Rhizobium* strain from arid soil (Algeria) : characterization of its EPS and the effect of inoculation on wheat rhizosphere soil structure. *Res Microbiol* 156:522-531.
- Kloepper, J.W. and M.N. Schroth. 1978. Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. In Angers, editor. *Proceedings of the fourth International Conference on Plant Pathogenic bacteria*; 1978 september 2; France (Fr): INRA. p 879-882.
- Marulanda, A., J. M.Barea, R.Azcon. 2009. Stimulating of plant growth and drought tolerance by native microorganism (AM Fungi and Bacteria) from dry environment : mechanism related to bacterial effectiveness. *J Plant Regul* 28:115-124.
- Mulyani A, Ritung S, Las I. 2011. Potensi dan ketersediaan sumberdaya lahan untuk mendukung ketahanan pangan. *J Litbang Pertan*. 30(2):73-80.
- Ozturk S, Aslim B. 2010. Modification of exopolysaccharide composition and production by three cyanobacterial isolates under salt stress. *Environ Sci Pollut Res* 17:595-602.

- Putrie RFW. 2013. Rizobakteria *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. pemacu tumbuh toleran kekeringan dan aplikasinya pada tanaman jagung [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Santi LP. 2011. Peran bakteri penghasil eksopolisakarida dalam agregasi tanah tekstur berpasir. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Subhani A, Huang C, Xie Z, Liao M, AM El-ghamry. 2001. Impact of soil environment and agronomic practices on microbial dehydrogenase enzyme activity in soil. A review. *Pakistan Biol Sci J*.4(3): 333-338.
- Swastika DKS, Firdaus K, Wayan S, Rahmat H, Kecuk S, Roberta VG, Prabhu LP, 2004. *Maize in Indonesia: Production System Constrains and Research Priorities*. IFAD–CIMMYT, Mexico.
- Voroney RP, Winte JP, Beyaert RP. 1993. *Soil Microbial Biomass C and N*. Florida (US): Taylor & Francis Group. p 277-286.
- Wahyudi AT, Astuti RP, Widyawati A, Meryandini A, Nawangsih AA. 2011^a. Characterization of *Bacillus* sp. strains isolated from rhizosphere of soybean plants for their use as potential plant growth for promoting rhizobacteria. *J Microbiol Antimicrob* 3:34-40.
- Wahyudi AT, Astuti RI, Giyanto. 2011^b. Screening of *Pseudomonas* sp. isolated from rhizosphere of soybean plant as plant growth promoter and biocontrol agent. *Am J Appl Sci* 6:134-141.
- Yuniarti E, Saraswati R. 2008. Aktivitas dehidrogenase. Di dalam: Saraswati R, Husen E, Simanungkalit RDM, editor. *Metode analisis biologi tanah*. Bogor (ID): Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. hlm 105-106.
- Zhang N, He X, Gao Y, Li Y, Wang H, Ma D, Zhang R, Yang S. 2010. Pedogenic carbonate and soil dehydrogenase activity in response to soil organic matter in *Artemisia ordosica* community. *Pedosphere*. 20:229-235.